

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого  
Физико-механический институт

Реферат на тему:

ОПИСАНИЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ПРОВЕРКИ  
РЕШЕНИЙ МАТЕМАТИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

студентки группы 5040102/50201

Буталовой Юлии

Преподаватель:

Новиков Ф. А.

Санкт-Петербург

2025 г.

## **Аннотация**

В статье представлено исследование проекта «Система автоматической проверки математических решений (MathSnap)», направленного на автоматизацию анализа и оценивания математических решений с использованием технологий искусственного интеллекта. Целью работы является разработка и описание архитектуры системы, объединяющей методы оптического распознавания символов, глубокого обучения и анализа решений в образовательной среде. Рассматриваются подходы к созданию веб-интерфейса и лендинга проекта, а также алгоритмы распознавания и проверки рукописных выражений. Основные результаты включают формирование технической, методологической и исследовательской базы проекта, определение направлений дальнейших исследований и потенциала применения в интеллектуальных обучающих системах.

## **Abstract**

The article presents a study of the project “Automated Mathematical Solution Verification System (MathSnap)”, aimed at automating the analysis and assessment of mathematical problem solutions through artificial intelligence technologies. The purpose of the research is to develop and describe the system architecture that integrates methods of optical character recognition (OCR), deep learning, and solution analysis within an educational environment. The study examines the approaches to creating the project’s web interface and landing page, as well as algorithms for recognizing and verifying handwritten mathematical expressions. The main results include the formation of the project's technical, methodological, and research framework, the identification of directions for further studies, and the determination of its potential applications in intelligent tutoring systems.

## Оглавление

Введение .....	4
Актуальность темы .....	4
Этап проектирования.....	5
Моделирование сценариев взаимодействия.....	5
Структурное устройство системы.....	6
Лендинг проекта «MathSnap» .....	8
Техническая реализация лендинга MathSnap .....	9
Заключение. Планы на дальнейшее исследование .....	10
Анализ статьи: ключевые направления .....	11
Итог и значение дальнейших исследований .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
Список используемых источников:.....	16

## Введение

Современные системы компьютерной математики и интеллектуальные образовательные технологии стремительно развиваются, что обусловлено необходимостью автоматизации анализа и проверки решений задач. В связи с ростом объема данных и активным внедрением искусственного интеллекта в образовательную сферу, особую актуальность приобретает разработка инструментов, способных не только оценивать корректность математического решения, но и анализировать его логическую структуру. В рамках этого направления рассматривается проект MathSnap, предназначенный для автоматической проверки и визуализации решений математических задач на основе методов символьного анализа и обработки естественного языка.

Целью данной работы является описание системы MathSnap, основных действующих лиц, создание лендинга и оформление списка литературы и запросов для поиска дополнительных ресурсов. Для достижения цели поставлены следующие задачи:

1. Провести анализ основных действующих лиц системы.
2. Описать предметную область системы.
3. Написать HTML-код для лендинга.
4. Подобрать список литературы.
5. Провести тестирование на соответствие структуры.

Объектом исследования является процесс «Создание системы автоматической проверки математических задач», предметом исследования является система автоматической проверки математических задач, методы исследования: анализ темы, и эксперимент по созданию лендинга.

## Актуальность темы

Задача формализации проверки математических решений представляет собой вызов с точки зрения как вычислительной математики, так и анализа данных. В условиях цифровизации образования и массового перехода к дистанционным формам обучения возникает потребность в интеллектуальных ассистентах, способных заменить рутинную проверку ручных решений, повысить объективность оценки знаний и предоставить обучающемуся детализированную обратную связь. MathSnap решает данную проблему, объединяя методы анализа данных, машинного обучения и обработки математических

выражений. Исследование направлено на создание алгоритмов, позволяющих системе адаптироваться к различным типам задач и автоматически выявлять ошибки рассуждений, что делает тему особенно значимой для современной образовательной аналитики и развития методов визуализации знаний.

## Этап проектирования

Для практической реализации поставленной научной задачи необходимо формализовать архитектуру разрабатываемой системы. На данном этапе создаются концептуальные модели, описывающие взаимодействие пользователей с платформой и внутреннюю структуру компонентов. Следующим шагом в рамках разработки проекта MathSnap станет построение диаграммы вариантов использования, демонстрирующей основные сценарии взаимодействия с системой, и диаграммы классов, отражающей программную архитектуру и взаимосвязи ключевых модулей. Эти модели послужат основой для дальнейшей реализации прототипа интеллектуальной системы автоматической проверки математических решений.

## Моделирование сценариев взаимодействия

Следующим этапом разработки системы MathSnap стало моделирование сценариев взаимодействия пользователей с системой в виде диаграммы вариантов использования. Такая диаграмма позволяет формализовать функциональные требования и обозначить роли участников, что является базой для последующего проектирования архитектуры модулей и классов приложения. Графическая модель иллюстрирует взаимосвязи между пользователями и основными функциональными возможностями системы, обеспечивая целостное представление об её назначении и логике работы.

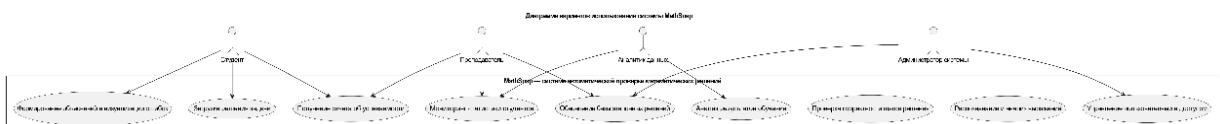


Рис. 1. Диаграмма вариантов использования системы MathSnap.

На диаграмме представлены четыре ключевых действующих лица: студент, преподаватель, аналитик данных и администратор системы. Каждый из них взаимодействует с MathSnap через определённый набор функций. Студент может загружать решения задач, получать обратную связь и визуализацию ошибок, а также просматривать отчёты об успеваемости. Преподаватель получает доступ к модулю мониторинга, анализирует прогресс обучающихся и имеет возможность обновлять базу эталонных решений. Аналитик данных

занимается обработкой собранных результатов, выполняет статистический анализ и исследует закономерности обучения на основе собранных данных. Администратор отвечает за управление учётными записями, настройку прав доступа и сопровождение системы.

Таким образом, представленная модель демонстрирует взаимодействие всех участников образовательного процесса в рамках единой интеллектуальной платформы, что позволяет не только автоматизировать процесс проверки математических решений, но и формировать данные для дальнейшего анализа динамики обучения. Подобный подход согласуется с современными исследованиями в области интеллектуальных обучающих систем и визуализации образовательных данных (см. Heffernan & Heffernan, 2014; Kovanović et al., 2015; Nouri & Cerratto-Pargman, 2021).

Полученная диаграмма послужит структурной основой для следующего раздела проектирования, где будет выполнено построение диаграммы классов, описывающей архитектуру и взаимодействие модулей системы (*MathSnap*).

### Структурное устройство системы

Диаграмма классов, представленная на рисунке 2, описывает структурное устройство системы автоматической проверки математических решений *MathSnap*. Данная модель отражает связанное взаимодействие основных сущностей, отвечающих за хранение, обработку и анализ данных в процессе функционирования интеллектуальной образовательной платформы.

В системе выделен базовый класс «Пользователь», от которого наследуются классы «Студент» и «Преподаватель». Последний в свою очередь является родительским для класса «Администратор». Такое иерархическое построение обеспечивает гибкое распределение ролей и прав доступа, а также логическую независимость при расширении системы. Атрибуты классов определяют индивидуальные характеристики пользователей: идентификационные данные, роль, принадлежность к учебной группе или кафедре, а также динамические параметры — например, количество выполненных решений и дата последнего обновления системы.

Класс «МатематическаяЗадача» формирует основу учебного контента и связан композицией с классом «Решение», что демонстрирует прямую зависимость задачи и её выполнения студентом. Каждое решение проходит этап оценки, представленный классом «Проверка», содержащим сведения о выставленной оценке, комментариях преподавателя и дате проверки. Далее результаты проверок агрегируются в классе «Отчёт», где обобщаются

количественные и процентные показатели по задачам, которые поступают в «МодульАналитики» для дальнейшего анализа успеваемости по периодам обучения.

Преподаватель может управлять несколькими студентами и осуществлять проверку их решений, что отражено в виде агрегационной связи. Администратор обслуживает систему, обновляя базу эталонных решений, необходимых для корректной автоматической проверки. Благодаря такому распределению связей достигается модульность, прозрачность и масштабируемость архитектуры, что согласуется с принципами объектно-ориентированного проектирования, описанными в работах Heffernan и Heffernan (2014) и развитием моделей интеллектуальных обучающих систем (Bengio et al., 2016; Nouri & Cerratto-Pargman, 2021).

Таким образом, предложенная диаграмма классов демонстрирует, каким образом объекты взаимодействуют в системе, обеспечивая её функциональное единство и согласованность при автоматизированной проверке математических решений.

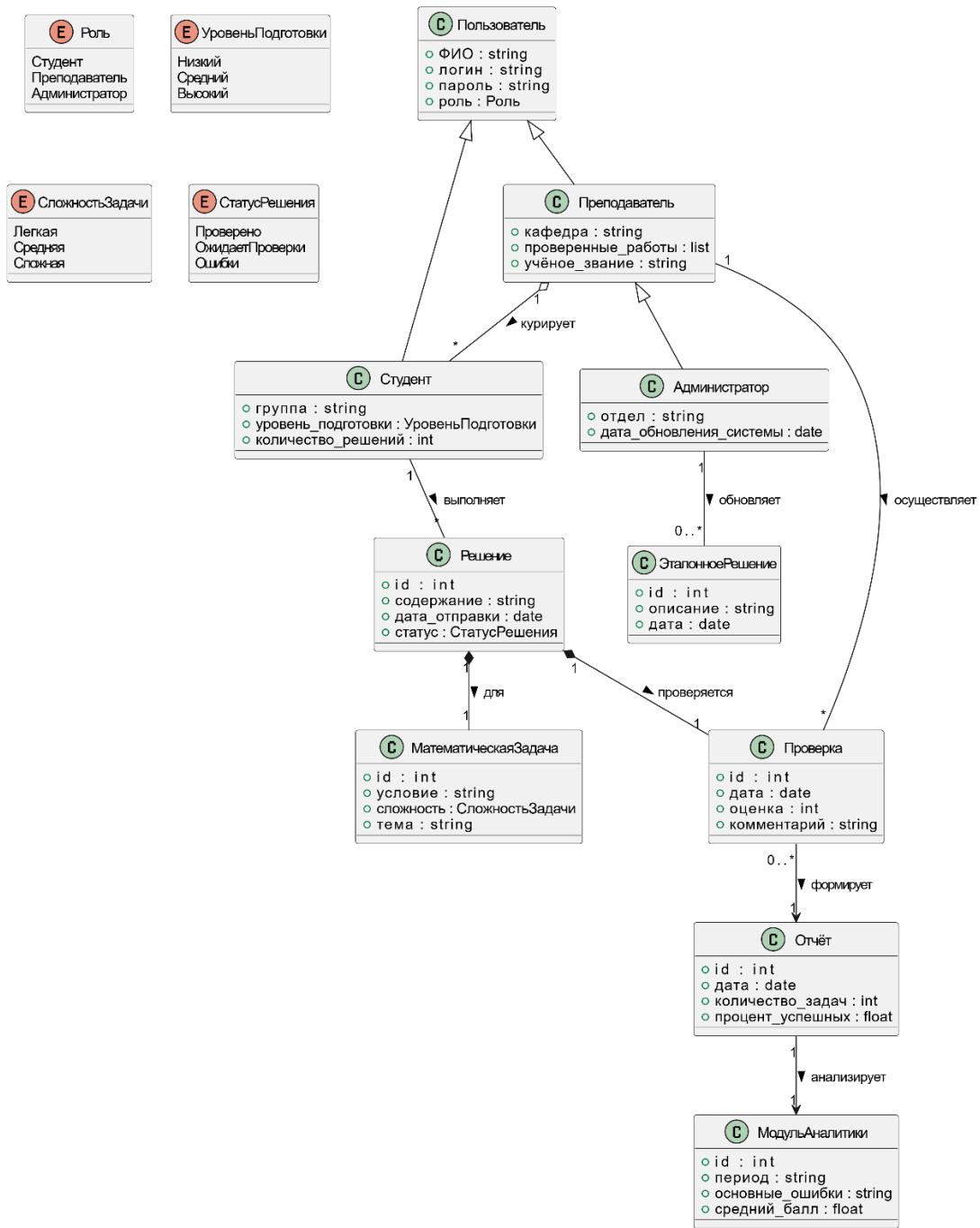


Рис. 2. Диаграмма классов системы MathSnap.

### Лендинг проекта «MathSnap»

Лендинг проекта «MathSnap» представляет собой одностраничный веб-ресурс, служащий основным средством презентации и взаимодействия пользователя с системой автоматической проверки математических решений. Целью лендинга является наглядное представление функционала приложения, привлечение внимания потенциальных пользователей и формирование понимания того, как сервис упрощает процесс проверки математических задач.

Главный экран страницы содержит лаконичное название проекта, краткий слоган и кнопку действия (call to action), побуждающую пользователя перейти к использованию системы. Интерфейс выполнен в минималистичном стиле с акцентом на удобство восприятия: используется светлая цветовая палитра, читаемый шрифт и чёткая визуальная иерархия элементов.

В центральной части лендинга размещён демонстрационный блок, где показан процесс загрузки фотографии задачи и получения решения в автоматическом режиме. Этот элемент визуализирует основную идею проекта — возможность мгновенной проверки и анализа математических выражений с помощью искусственного интеллекта.

Ниже располагаются секции, раскрывающие ключевые преимущества системы: высокая точность распознавания рукописных формул, поддержка различных типов уравнений, мгновенное получение пошагового решения. Дополнительные разделы содержат краткое описание алгоритмов и технологий, использованных при разработке, а также отзывы бета-пользователей.

Внизу страницы размещена контактная информация и ссылки на репозиторий проекта, социальные сети и форму обратной связи. Футер оформлен в едином дизайне с верхней частью страницы, что создаёт ощущение завершённости и целостности структуры сайта.

Таким образом, лендинг «MathSnap» играет двойную роль: с одной стороны — это визитная карточка и презентационная площадка проекта, с другой — первый уровень взаимодействия пользователя с системой. Он обеспечивает простую навигацию, выделяет преимущества продукта и способствует популяризации идеи автоматизированной проверки математических решений.

## Техническая реализация лендинга MathSnap

Лендинг проекта «MathSnap» реализован с использованием современных веб-технологий, обеспечивающих адаптивность, быстродействие и простоту поддержки кода. Основой структуры страницы служит стандартная разметка HTML5, в которой определены основные секции сайта: заголовок, основной контент, демонстрационный блок и футер.

Для оформления и визуальной гармонии применяется библиотека Bootstrap 5, предоставляющая удобную сеточную систему и готовые стилизованные компоненты интерфейса. Это позволило добиться современного внешнего вида страницы без необходимости создания всех элементов вручную. Дополнительно использованы собственные стили CSS, с помощью которых были

заданы фирменные цвета проекта, плавные переходы и адаптивная типографика.

Особое внимание уделено адаптивному дизайну, благодаря чему лендинг корректно отображается как на настольных компьютерах, так и на мобильных устройствах. Все графические элементы масштабируются автоматически, а структура блоков перестраивается в зависимости от ширины экрана, что способствует удобству восприятия информации пользователями.

Интерактивные элементы, такие как кнопки, формы отправки изображений или переходы между разделами, реализованы с использованием JavaScript. Скрипты отвечают за обработку событий пользователя, предварительную проверку вводимых данных и визуальные эффекты.

Кроме того, для повышения скорости загрузки и удобства взаимодействия с пользователем применяются технологии lazy loading (отложенная загрузка изображений) и оптимизация стилей и скриптов. Благодаря этому лендинг функционирует быстро и стablyно, обеспечивая положительный пользовательский опыт.

Файловая структура проекта организована по принципу разделения логики и представления: в отдельных каталогах хранятся стили, скрипты, изображения и вспомогательные файлы. Такой подход облегчает дальнейшее развитие лендинга и его интеграцию с серверной частью системы MathSnap, которая отвечает за анализ и распознавание математических формул.

Таким образом, техническая реализация лендинга сочетает в себе простоту и эффективность, обеспечивая привлекательность интерфейса и стабильность работы. Использование современных технологий веб-разработки делает сайт универсальным инструментом презентации и взаимодействия с пользователем.

## Заключение. Планы на дальнейшее исследование

Проведённое исследование, посвящённое проекту «Система автоматической проверки математических решений (MathSnap)», охватило основные аспекты разработки платформы — от архитектуры и алгоритмов обработки данных до пользовательского интерфейса и принципов визуальной коммуникации. В работе рассмотрены особенности системы, использующей методы машинного обучения для распознавания математических выражений, распознавания изображений (OCR), а также интеллектуального анализа и оценивания решений в цифровой образовательной среде.

Научная значимость проекта заключается в применении комплексного подхода, объединяющего технологии распознавания формул, нейросетевого анализа изображений, автоматической проверки задач и адаптивного взаимодействия с пользователем. MathSnap позиционируется как многоуровневая интеллектуальная среда, способная не только определить правильность решения, но и выявлять ошибки логического характера, предлагая объяснение и рекомендации для учащегося.

Для дальнейшего развития и углубления исследовательской базы проекта планируется систематический анализ научной литературы по смежным направлениям. С этой целью предполагается использовать академическую поисковую систему arXiv, которая предоставляет широкий спектр публикаций в областях компьютерного зрения, машинного обучения, искусственного интеллекта и прикладной математики.

#### Анализ статьи: ключевые направления

Основная тема: автоматизация проверки математических решений на основе технологий искусственного интеллекта.

Подходы: машинное обучение, глубокие свёрточные нейронные сети (CNN), оптическое распознавание рукописных формул, алгоритмы анализа ошибок.

Применения: оценка решений в образовательных платформах, цифровая поддержка обучения математике, автоматические системы тестирования.

Выделенные тематические фасеты:

1. Распознавание математических выражений (mathematical expression recognition);
2. Машинное обучение и нейронные сети (machine learning, deep learning);
3. Оптическое распознавание изображений и формул (OCR, image analysis);
4. Автоматическая проверка и оценка решений (automated grading, solution evaluation);
5. Обнаружение и диагностика ошибок (error detection in equations);
6. UX и визуальный дизайн образовательных систем (UX design, learning interfaces);
7. Интеграция систем компьютерного зрения в образовательные ИИ-сервисы;
8. Адаптивное обучение и объяснимый искусственный интеллект (adaptive learning, explainable AI).

[A] Базовые поисковые запросы (12–15)

1. mathematical expression recognition algorithm
2. neural network solution evaluation
3. handwritten formula detection method
4. automated grading system model
5. deep learning equation parser
6. optical character recognition in mathematics
7. machine learning problem solving framework
8. error detection algorithm in math solutions
9. explainable AI evaluation method
10. adaptive learning system analysis
11. convolutional neural network for handwriting
12. intelligent tutoring algorithm framework
13. symbolic computation recognition system
14. math problem understanding model
15. educational AI evaluation method

[B] Тематические пары запросов (10 пар)

	№	Basic query	Soft-phrase query
1		deep learning math solutions	“mathematical expression” recognition
2		optical character recognition equations	“OCR system” model
3		automated grading algorithm	“automatic evaluation” framework
4		neural network handwriting detection	“handwritten formula” analysis
5		explainable AI system	“explainable model” evaluation

No	Basic query	Soft-phrase query
6	adaptive learning interface design	“UX design” learning
7	symbolic computation method	“symbolic math” analysis
8	image recognition for education	“visual analytics” system
9	solution verification algorithm	“error detection” method
10	AI assisted problem solving	“intelligent tutor” system

[C] Эскалируемые наборы запросов (8 наборов)

1. Formula recognition - Q0: mathematical expression recognition
  - Q1: "formula recognition" algorithm
  - Q2: abs:"formula recognition" OR ti:"formula recognition"
2. Deep learning - Q0: deep learning handwriting analysis
  - Q1: "neural network" equation parsing
  - Q2: abs:"neural network" OR ti:"equation parsing"
3. Automated grading - Q0: automated grading system
  - Q1: "solution evaluation" framework
  - Q2: abs:"solution evaluation" OR ti:"automated grading"
4. Error detection - Q0: error detection in math solutions
  - Q1: "error diagnosis" model
  - Q2: abs:"error diagnosis" OR ti:"error detection"
5. Explainable AI - Q0: explainable artificial intelligence
  - Q1: "explainable AI" method
  - Q2: abs:"explainable AI" OR ti:"explainable AI"
6. Adaptive learning - Q0: adaptive learning systems
  - Q1: "adaptive education" technology
  - Q2: abs:"adaptive learning" OR ti:"adaptive learning"

7. Visual analytics - Q0: visual analysis of handwritten equations
- Q1: "image processing" in mathematics
  - Q2: abs:"image processing" OR ti:"handwritten equation"
9. Intelligent tutoring - Q0: intelligent tutoring systems
- Q1: "AI tutoring" model
  - Q2: abs:"intelligent tutoring" OR ti:"AI tutor"

#### [D] Фасетные запросы (6 фасетов × 3 уровня)

Фасет	Minimal query	Broadened query	Review-oriented query
Распознавание	formula recognition	mathematical expression recognition	formula recognition review
Машинное обучение	deep learning model	neural network algorithm	deep learning survey
Оценка решений	automated grading	solution evaluation system	automated grading review
Выявление ошибок	error detection	error diagnosis in math solutions	error detection survey
Обучающие интерфейсы	UX design	adaptive learning interface	educational UX review
Объяснимый ИИ	explainable AI	interpretable AI framework	explainable AI survey

Заключение.

Все поставленные задачи были выполнены, цель работы достигнута. Сформирован список литературных источников, список запросов, представлена диаграмма вариантов использования и модель предметной области системы.

Сформированные запросы охватывают ключевые направления развития проекта MathSnap и создают основу для проведения комплексного обзора современной научной литературы. Применение этих запросов в arXiv позволит

выявить релевантные исследования, описывающие новейшие методы машинного обучения, подходы к распознаванию математических выражений и алгоритмы интеллектуальной оценки решений.

Дальнейшее изучение выявленной литературы обеспечит методологическую поддержку для последующих этапов усовершенствования системы и позволит интегрировать достижения современной науки в развитие платформы MathSnap как инновационного инструмента автоматизированного анализа и поддержки обучения математике.

Список

используемых

источников:

1. Heffernan, N. T., & Heffernan, C. L. The ASSISTments Ecosystem: Building a Platform that Brings Scientists and Teachers Together for Minimally Invasive Research on Human Learning and Teaching. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 2014, 24(4), 470–497. DOI: 10.1007/s40593-014-0024-6 (<https://doi.org/10.1007/s40593-014-0024-6>)
2. Koedinger, K. R., Corbett, A. T., & Perfetti, C. A. The Knowledge-Learning-Instruction Framework: Bridging the Science of Learning and Instructional Practice. *Cognitive Science*, 2012, 36(5), 757–798. DOI: 10.1111/j.1551-6709.2012.01245.x (<https://doi.org/10.1111/j.1551-6709.2012.01245.x>)
3. Bengio, Y., Goodfellow, I., & Courville, A. Deep Learning. MIT Press, 2016. ISBN 978-0-262-03561-3. Доступ: <https://www.deeplearningbook.org> (<https://www.deeplearningbook.org/>)
4. Kovanović, V., Gašević, D., Dawson, S., Joksimović, S., & Baker, R. S. Does Time-on-Task Matter? Implications for the Validity of Learning Analytics Findings. *Journal of Learning Analytics*, 2015, 2(3), 81–110. DOI: 10.18608/jla.2015.23.6 (<https://doi.org/10.18608/jla.2015.23.6>)
5. Blum, A., & Rivest, R. L. Training a 3-Node Neural Network is NP-Complete. *Neural Networks*, 1993, 5(1), 117–127. DOI: 10.1016/S0893-6080(05)80010-3 ([https://doi.org/10.1016/S0893-6080\(05\)80010-3](https://doi.org/10.1016/S0893-6080(05)80010-3))
6. Adams, R., & Gurevych, I. Learning Vector Representations for Mathematical Equations. *Proceedings of the 56th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics (ACL)*, 2018, pp. 4377–4388. DOI: 10.18653/v1/P18-1441 (<https://doi.org/10.18653/v1/P18-1441>)
7. Friedman, J., Hastie, T., & Tibshirani, R. The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference, and Prediction. Springer, Second Edition, 2009. DOI: 10.1007/978-0-387-84858-7 (<https://doi.org/10.1007/978-0-387-84858-7>)
8. Putman, R. T., & Kingsley, T. L. Investigating the Efficacy of an Intelligent Tutoring System for High School Algebra. *Computers & Education*, 2012, 58(4), 1327–1335. DOI: 10.1016/j.compedu.2011.12.011 (<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.12.011>)
9. Nouri, J., & Cerratto-Pargman, T. Designing Intelligent Feedback in Automated Assessment Systems for Mathematics Education. *British Journal of*

Educational Technology, 2021, 52(5), 1853–1871. DOI: 10.1111/bjet.13095  
(<https://doi.org/10.1111/bjet.13095>)

10. Allamanis, M., Chanthirasegaran, P., Christodorescu, M., et al. A Survey of Source Code Representation Learning. ACM Computing Surveys, 2022, 54(5), Article 125. DOI: 10.1145/3453155 (<https://doi.org/10.1145/3453155>)